ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 24 AOUT 1942.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

CORRESPONDANCE.

RELATIVITÉ. — *Sur le groupe de déplacement euclidien dans la théorie de la relativité et les critériums expérimentaux.* Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré [1] que la théorie relativiste des expériences de Sagnac et de Dufour et Prunier conduisait, *en toute rigueur*, aux mêmes prévisions que la théorie classique. Cette constatation permettait d'affirmer, à priori, que le problème, tel qu'il a été posé par M. F. Prunier [2], des deux mobiles parcourant en sens inverse, avec la même vitesse, la périphérie d'un disque en rotation, était impropre à fournir un critérium, positif ou négatif, de relativité. Ce que, de son côté, M. E. Esclangon [3] a reconnu également en transposant ce problème dans le domaine de l'Astronomie. Nous allons établir que cette impossibilité s'étend à une classe plus générale d'expériences.

Considérons, dans un univers euclidien, un repère galiléen trirectangle $K(Oxyz)$ et un repère $K'(O'x'y'z')$ animé dans K d'un mouvement quelconque. L'invariant fondamental d'univers

$$ds^2 = g_{\alpha\beta}\, dX^\alpha\, dX^\beta \tag{1}$$

peut s'exprimer en fonction des coordonnées x', y', z' de K' et du temps t dans K (soit, en particulier, $X^1 = x'$, $X^2 = y'$, $X^3 = z'$, $X^4 = ict$). L'univers étant supposé euclidien (il suffit pratiquement que les observateurs soient très loin de toute masse gravifique), le tenseur de Riemann-Christoffel $R^\delta_{\alpha\beta\gamma}$, formé au moyen de $g_{\alpha\beta}$, est identiquement nul, et l'on sait qu'il est possible, par des substitutions holonomes convenables, de ramener le ds^2 (1) à la forme galiléenne cartésienne

$$ds^2 = c^2\, dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2) \qquad (c = 3.10^{10}\ \text{cm : s}), \tag{2}$$

où $xyzt$ sont les coordonnées d'espace et de temps de K.

---

(1) *Les interprétations physiques de la théorie d'Einstein*, préface de M. Esclangon, Paris, 1939; *Bull. hist. et scient. de l'Auvergne*, 59, n° 505, 1939.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 46; P. Langevin, *ibid.*, 200, 1935, p. 48; F. Prunier, *ibid.*, 212, 1941, p. 432.

(3) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 632.

Inversement, on passera de (2) à (1) sans changer la nature euclidienne de l'espace-temps en faisant subir à dx, dy, dz les *transformations classiques du groupe euclidien* exprimant le déplacement de K′ dans K. La notion de solide n'étant pas nécessairement inféodée à celle de corps naturel ([4]), cette opération est toujours mathématiquement exacte. Certains auteurs (voir Eddington, *Temps*, *Espace*, *Gravitation*, partie théorique, p. 194, et Langevin, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 831) ont cependant cru nécessaire de limiter au premier ordre la validité des transformations classiques. M. Langevin, en particulier, a pensé à justifier cette limitation par l'existence des déformations élastiques du solide servant de repère *matériel*. Nous objectons que la même difficulté aurait également lieu dans la théorie classique.

Quoi qu'il en soit du sens « réel », « apparent » ou « relatif » de la contraction lorentzienne, cherchons dans quel cas les solides de la théorie d'Einstein se meuvent comme des solides euclidiens.

Soient, dans K, $\vec{\Omega}$ la rotation instantanée de K′ et $\vec{W}$ la vitesse de son origine O′. L'application du groupe de Galilée donne, entre les déplacements élémentaires d'un même point mobile repéré, à chaque instant t, par les vecteurs $\overrightarrow{OM}$, dans K, et $\overrightarrow{O'M'}$ dans K′,

$$d\vec{M} = d\vec{M}' + \vec{U}\,dt. \tag{3}$$

où

$$\vec{U} = \vec{W} + \vec{\Omega} \wedge \overrightarrow{O'M'} \tag{4}$$

est la vitesse d'entraînement du point coïncidant de K′.

Substituons à $d\mathrm{M} = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$ son expression (3); le ds^2 (2) s'écrira, après passage à l'univers euclidien tangent,

$$ds^2 = c^2 d\tau^2 - d\sigma^2, \tag{5}$$

où

$$\left.\begin{aligned} d\tau^2 &= \mu^2\left(dt - \frac{\vec{U}.d\vec{M}'}{c^2\mu^2}\right)^2 \\ d\sigma^2 &= d\vec{M}'^2 + \frac{(\vec{U}.d\vec{M}')^2}{c^2\mu^2} \end{aligned}\right\} \qquad \left(\mu^2 = 1 - \frac{\vec{U}^2}{c^2}\right).$$

Ici *seulement* interviennent les *interprétations d'Einstein* : $d\tau$ et $d\sigma$ sont les temps et les longueurs *enregistrées et mesurées*, au voisinage de M′, au moyen de chronomètres et de règles *physiques*, par des observateurs entraînés dans le mouvement de K′.

$d\vec{M}'$ étant un vecteur invariable tracé dans le repère euclidien abstrait K′,

---

([4]) H. Poincaré, *La Science et l'Hypothèse*, pp. 104 et 105.

pour quel mouvement de ce repère la longueur physique einsteinienne $d\sigma$ de $d\overrightarrow{M'}$ demeurera-t-elle également invariable ? On trouve que la vitesse d'entraînement, dans K, de chaque point de K', doit être un vecteur constant dans K'. On en déduit que K' *doit être animé d'un mouvement hélicoïdal uniforme. C'est le seul mouvement euclidien qui puisse être réalisé matériellement par un solide einsteinien.*

Il est clair, dès lors, que, pour les observateurs de K (pour qui la géométrie euclidienne est valable), tout mouvement relatif par rapport à un solide einsteinien animé d'un mouvement hélicoïdal, aura le même aspect que dans la théorie classique. Seuls des observateurs, liés à K' et utilisant des chronomètres et des règles *physiques* obéissant à la métrique d'Einstein, relèveraient des *mesures* de longueur σ et de durées τ différentes de celles que relèveraient des observateurs munis d'instruments classiques. Il ne saurait donc être question de trouver un critérium purement cinématique ailleurs que dans ces mesures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode générale de synthèse des aldéhydes aromatiques.* Note de M. **Léonce Bert.**

Nous avons trouvé dans le dichloro-1.3-propène ([1]), $CH^2Cl.CH:CHCl$, un agent de synthèse des aldéhydes arylés Ar.CHO et aralcoylés $Ar.CH^2.CHO$ et $Ar.CH^2.CH^2.CHO$.

La présente Note se borne à décrire la préparation des aldéhydes aromatiques proprement dits ou aldéhydes arylés Ar.CHO.

On condense un carbure benzénique Ar.H avec le dichloropropène, parfois directement en présence de Cl^3Al ([2]), en général indirectement par l'intermédiaire du bromure d'arylmagnésium ArMgBr. On obtient ainsi, avec un bon rendement, le dérivé ω-chlorallylé $Ar.CH^2.CH:CHCl$, dont la double liaison, migrant en quelques minutes de βγ en αβ par KOH et un alcool ROH quelconque, engendre l'éther oxyde mixte d'alcoyle et d'alcoylcinnamyle ([3]) $Ar.CH:CH.CH^2.O.R$.

On reconnaît dans cet éther mixte, *mutatis mutandis*, la chaîne isoallylée $CH:CH.CH^3$ de l'anéthol, de l'isosafrol et de l'isoeugénol, qui, oxydée par O^3, CrO^3, MnO^4K ou NO^3H, fournit à l'industrie l'aubépine, le pipéronal et la vanilline.

Par action successive de l'ozone et de l'eau, l'éther mixte précédent est scindé en aldéhyde arylé et alcoxyéthanal, souvent souillés des acides corres-

---

([1]) Ce réactif s'obtient en déshydratant la dichlorhydrine du glycérol. L'industrie pétrolière s'efforce de le fabriquer à bon marché en chlorant le propène des gaz de cracking.

([2]) P. Bert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 619.

([3]) L. Bert, *ibid.*, 180, 1925, p. 1504.

pondants, dont il est facile de les séparer :

$$Ar.CH:CH.CH^2.O.R + O^3 + H^2O = Ar.CHO + RO.CH^2.CHO + H^2O^2.$$

Pour l'emploi du mélange chromique et du MnO^4K, on s'inspire des directives industrielles d'oxydation, par ces réactifs, des phénols à chaînes latérales non saturées.

Si l'on ne dispose pas d'un ozoniseur débitant à la minute $0^l,5$ d'oxygène à 10 % d'ozone, il est commode et expéditif d'utiliser l'acide nitrique de densité 1,1, en suivant la technique de H. Labbé ([4]).

Notre méthode est tout à fait générale. Elle permet d'obtenir non seulement les aldéhydes simples Ar.CHO, mais encore leurs dérivés nitrés, aminés, hydroxylés, alcoxylés.

L'ω-chlorallylbenzène, par exemple, se nitre comme le toluène, compte tenu de la fragilité de la chaîne (−10° et agitation parfaite). Le dérivé nitré se réduit par Fe + ClH sans que la chaîne soit touchée etc.

En ce qui concerne les aldéhydes arylés alcoxylés, on traite par le dichloropropène, soit les éthers oxydes phénoliques mixtes en présence de Cl^3Al ou de poudre de zinc ([5]), soit les magnésiens de leurs bromures nucléaires RO.ArMgBr.

A titre d'exemple, voici l'essentiel de la préparation nouvelle de deux importants aldéhydes naturels, l'un simple, l'autre complexe :

1° *Aldéhyde p-cuminique.* — 1^{mol} de *p*-cymène de *spruce turpentine* est dégradée en toluène et cumène, par quelques millièmes de Cl^3Al, au sein de 10^{mol} de benzène. Par réaction de Friedel, le cumène ainsi obtenu au moindre prix, fixe en para la chaîne ω-chlorallylée empruntée au dichloropropène. KOH et CH^3OH, C^2H^5OH ou $n—C^4H^9OH$ changent le *p*-ω-chlorallylcumène en éther mixte de *p*-isopropylcinnamyle et de méthyle, éthyle ou *n*-butyle, dont la chaîne non saturée est rompue à froid par l'ozone et l'eau ou par NO^3H dilué bouillant.

2° *Aldéhyde salicylique.* — En partant du benzène, plusieurs procédés conduisent au but, par l'intermédiaire de $C^6H^5.CH^2.CH:CHCl$. L'un d'eux consiste à transformer ce dernier par KOH et C^2H^5OH en $C^6H^5.CH:CH.CH^2.O.C^2H^5$ qu'on nitre en ortho, coupe par oxydation en aldéhyde *o*-nitrobenzoïque que le sulfate ferreux ammoniacal réduit en aldéhyde *o*-aminobenzoïque dont le diazoïque, préparé en milieu acétique, se décompose à chaud en l'aldéhyde cherché.

PÉDOLOGIE. — *Sur la présence de complexes siliciques pseudosolubles dans les eaux de drainage.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Étienne Bastisse**.

Les eaux de drainage de nos lysimètres, malgré leur limpidité apparente lors de leur écoulement et un abandon à une sédimentation prolongée, renferment toujours des quantités non négligeables de certains éléments, SiO^2, P^2O^5, Al^2O^3, F^2O^3, de même d'ailleurs que beaucoup d'eaux naturelles.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, **21**, 1899, p. 1076.

([5]) L. Bert, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 797.

L'analyse, effectuée sur un grand volume d'eau, a donné pour ces éléments la répartition suivante :

		Concentration en mg/l d'eau.			Rapports moléculaires $SiO^2/(Al^2O^3+Fe^2O^3)$.	
		SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	Eau de drainage.	Argile mère (<1 μ).
Lysimètres	Sol de limon, horizon A.	9,40	2,97	0,13	5,20	2,60
	» » B.	6,00	0,69	0,11	13,40	3,20
	» granitique jeune.....	6,30	0,81	0,09	12,35	3,90
Drainage au champ (limon).......		11,00	0,76	0,14	21,99	–

Si nous rapprochons ces résultats de la composition des argiles extraites des sols correspondants, nous constatons que les rapports moléculaires $SiO^2/(Al^2O^3+Fe^2O^3)$ sont toujours plus élevés dans les eaux de drainage que dans les argiles. Celles-ci tendent donc, sous l'action des eaux de percolation, à un abaissement continu de leur taux de silice. C'est ce qui se constate généralement dans l'examen des profils des régions tempérées humides; en particulier le tableau ci-dessus montre que le rapport silice/sesquioxydes est plus élevé dans l'argile de l'horizon B que dans celle de l'horizon A. D'autre part les complexes entraînés donnent, par précipitation, les argiles siliceuses qu'on rencontre dans les dépôts d'estuaires.

Or nous avons montré expérimentalement [1] que les oxydes de Fe et Al, en présence de l'anion silicique (également phosphorique et humique), sont susceptibles de former des complexes donnant des pseudosolutions stables en présence de CO^3Ca et non précipités dans un large intervalle du pH, quand la concentration en sels de calcium ne dépasse pas une limite au-dessous de laquelle s'abaissent fréquemment les eaux naturelles. Par cataphorèse, ces complexes migrent à l'anode comme les colloïdes argileux; ils sont retenus par les bougies imperméables aux bactéries; ils peuvent alternativement être floculés par $(NO^3)^2Ca$ et ensuite redispersés dans l'eau distillée; le tableau ci-dessous montre que, dans ces conditions, leur composition varie avec abaissement continu du rapport SiO^2/Sesquioxydes dans le dépôt, tandis que ce même rapport s'élève dans la fraction restant dans la phase liquide; celle-ci, de ce fait, acquiert une stabilité accrue vis-à-vis des électrolytes.

Variation de composition des complexes au cours de dispersions et de floculations successives.

Nombre des floculations.	Ferri-siliciques. Rapports moléculaires, SiO^2/Sesq./CaO. Solution initiale, 8,24 — 1. Floculat.	Phase p.-s.	Alumino-siliciques. Solution initiale, 8,36 — 1. Floculat.	Phase p.-s.
1.....	5,60 — 1 — 0,45	170,0 — 1	4,72 — 1 — 0,66	86,0 — 1
3.....	3,60 — 1 — 0,28	69,5 — 1	4,46 — 1 — 0,60	27,5 — 1
7.....	2,40 — 1 — 0,10	60,5 — 1	4,35 — 1 — 0,55	4,4 — 1

p.-s., pseudosoluble.

(1) *Ann. Agron.*, 8, 1938, pp. 6-33.

On remarquera l'analogie étroite des complexes synthétiques précédents et des composés pseudosolubles trouvés dans les eaux de drainage. On peut présumer que ces derniers sont originellement des ferri-alumino-silicates de potassium et de sodium, le calcium se substituant ensuite partiellement aux alcalins et l'acide phosphorique à la silice.

Les complexes considérés ont pour origine les gels qui se forment dans l'altération superficielle des minéraux ou des micelles argileuses elles-mêmes. Leur entraînement à distance est fonction de la concentration en cations des solutions du sol, variable suivant les sols et pour un même sol au cours de l'année. Ils traduisent un processus de dégradation au cours duquel les argiles, dont le rapport SiO^2/Sesquioxydes est souvent voisin de 3, tendent à se rapprocher, sous notre climat, de la constitution kaolinique (rapport = 2) ou même à aller au delà dans le cas des latérites. Cette évolution est plus rapide dans le cas des milieux décalcifiés pauvres en électrolytes floculants.

En résumé, les argiles doivent être considérées comme présentant une évolution lente mais continue dans les sols. Ce fait explique les variations observées dans leur constitution sans qu'on puisse les considérer comme des mélanges de types définis.

La mobilité des complexes formés permet d'une part le passage de leurs éléments constituants dans les eaux de drainage, fait n'ayant guère retenu l'attention jusqu'ici; d'autre part la migration des sesquioxydes et plus particulièrement celle du fer qui se produit per descensum dans les régions podzoliques et per ascensum dans les sols rouges méditerranéens.

GÉOLOGIE. — *Sur la réversibilité de l'évolution chlorite → limonite.* Note [1] de M. Antoine Bonte, transmise par M. Lucien Cayeux.

J'ai décrit [2] avec quelque détail le mécanisme de la transformation en limonite des oolithes chloriteuses, et j'ai insisté sur la nécessité de la remise en mouvement, avec libération individuelle, des éléments ferrugineux. Certains minerais aaléniens du Jura lédonien montrent une évolution inverse qui mérite de retenir l'attention.

Au point de vue microscopique, il s'agit de calcaires marneux gris violacé à oolithes brunes; ces calcaires présentent des traînées virant au vert, dans lesquelles les éléments ferrugineux ne possèdent plus, extérieurement, la teinte limoniteuse des oolithes normales, mais acquièrent, eux aussi, une teinte gris verdâtre. Les plages en question sont, en outre, légèrement imprégnées de pyrite.

---

[1] Séance du 10 août 1942.

[2] A. Bonte, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 42, 1941, n° 205, pp. 325-328.

L'analyse microscopique montre que la roche est constituée par l'accumulation de nombreux débris d'organismes, en particulier d'Échinodermes et parfois de Foraminifères, dont les fragments sont plus ou moins finement triturés; le tout est noyé dans un ciment marneux abondant, parfois souillé de grumeaux limoniteux. Les éléments ferrugineux sont, d'une part, des oolithes vraies et, d'autre part, de menus grains irréguliers provenant du remaniement d'un minerai préexistant.

Les oolithes sont particulièrement instructives et il en est de plusieurs types. Les unes, normales et de beaucoup les plus fréquentes, sont entièrement limonitisées, les autres, vertes à l'extérieur, montrent, en coupe mince, un noyau profondément hématisé entouré de zones limoniteuses et, superficiellement, des pellicules corticales chloriteuses.

La limite entre les zones limoniteuse et chloriteuse est parfois nettement tranchée, et le passage de l'une à l'autre se fait alors suivant une surface tout à fait irrégulière : une oolithe hématisée, à contour déchiqueté, est enrobée dans des pellicules de chlorite qui reconstituent ainsi une oolithe normale. Il y a là remaniement et génération tardive de silicate.

Dans d'autres cas la surface de séparation des deux zones a une courbure régulière et le passage de la limonite à la chlorite est progressif, avec chloritisation centripète. L'imprégnation pyriteuse, déjà mentionnée et localisée dans les traînées vertes, n'apparaît, en coupe mince, qu'autour des oolithes chloriteuses de ce deuxième type. Le sulfure de fer se présente sous forme d'auréoles continues ou de fines mouchetures dans la masse même de l'oolithe, si la transformation est complète; au contraire, autour des éléments partiellement chloritisés, la pyrite est strictement localisée suivant des secteurs qui soulignent la région transformée. La présence de pyrite au sein des oolithes n'est pas nouvelle, et M. L. Cayeux l'a déjà signalée à propos des calcaires à oolithes ferrugineuses des Avelas ([3]).

La chloritisation des oolithes limoniteuses est due à un phénomène de réduction localisé qui a permis l'évolution rétrograde des éléments ferrugineux. La présence de granules pyriteux au voisinage des oolithes chloritisées en est une preuve, car on sait que la pyrite des boues bleues se forme en milieu réducteur, sous l'influence de matières organiques en voie de décomposition.

On peut ainsi constater, au moment du dépôt des minerais de fer du Jura, et abstraction faite des nombreuses modifications subies au cours d'épisodes antérieurs, deux phénomènes principaux qui impliquent l'un et l'autre remaniement et libération individuelle des oolithes. C'est, tout d'abord, la production de pellicules corticales chloriteuses tardives dont l'élaboration précède immédiatement la mise en place du sédiment. C'est, surtout, l'évolution rétro-

---

([3]) *Les Minerais de fer oolithique de France*, fasc. II, *Minerais de fer secondaires*, 1922, p. 657.

grade de certaines oolithes qui, déposées dans une boue organique réductrice, ont pu reprendre leur état initial pendant que, dans le même milieu évolutif, des granules de pyrite prenaient naissance par réduction des sulfates en solution.

Le fait essentiel à dégager de ces observations est que des oolithes primitivement chloriteuses peuvent, après transformation en limonite, revenir à leur état originel, si les conditions de milieu s'y prêtent. Cette évolution limonite → chlorite, pour exceptionnelle et localisée qu'elle soit, n'en présente pas moins un gros intérêt, car elle montre que la formation des dépôts marins n'est pas simple et que les réactions qui la régissent peuvent être réversibles.

Enfin la nécessité des remaniements acquiert une importance accrue; quel que soit le sens de l'évolution, la remise en mouvement doit assurer la libération individuelle des éléments ferrugineux dans le milieu évolutif.

La séance est levée à 15^h.

A. Lx.